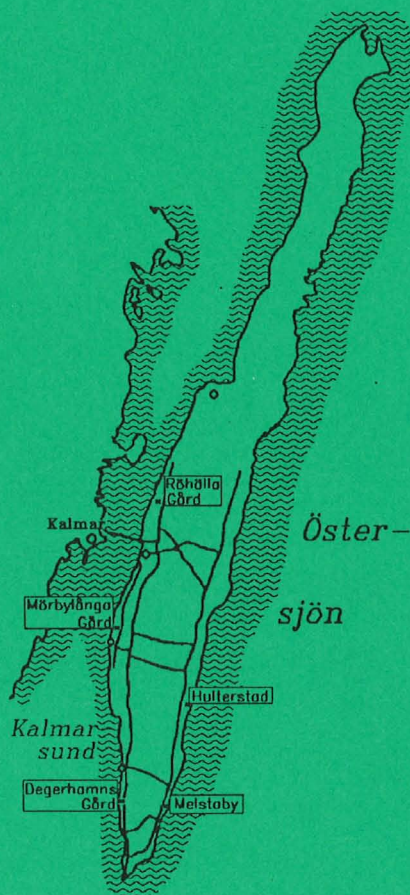




**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

## **MARKKEMISKA EFFEKTER AV BEVATTNING MED ÖSTERSJÖVATTEN PÅ ÖLAND**

**Ragnar Persson  
Ingrid Wesström**



---

**Institutionen för markvetenskap  
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

---

**Avdelningsmeddelande 91:2  
Uppsala 1991**

---

ISSN 0282-6569  
ISRN SLU-HY-AVDM--91/2--SE



Denna serie meddelanden utges av Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Serien innehåller sådana forsknings- och försöksredogörelser samt andra uppsatser som bedöms vara av i första hand internt intresse. Uppsatser lämpade för en mer allmän spridning publiceras bl a i avdelningens rapportserie. Tidigare nummer i meddelandeserien kan i mån av tillgång levereras från avdelningen.

This series of Communications is produced by the Division of Agricultural Hydrotechnics, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. The series consists of reports on research and field trials and of other articles considered to be of interest mainly within the department. Articles of more general interest are published in, for example, the department's Report series. Earlier issues in the Communications series can be obtained from the Division of Agricultural Hydrotechnics (subject to availability).

---

**DISTRIBUTION:**

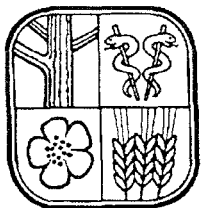
Sveriges Lantbruksuniversitet

Avdelningen för lantbrukets hydroteknik

750 07 UPPSALA, Sverige

Tel. 018 67 11 65, 67 11 81

---

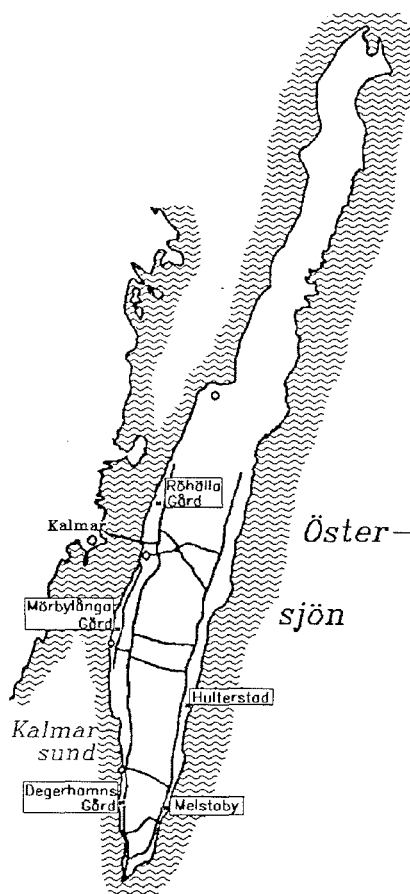


**SVERIGES  
LANTBRUKSUNIVERSITET**

## **MARKKEMISKA EFFEKTER AV BEVATTNING MED ÖSTERSJÖVATTEN PÅ ÖLAND**

**Ragnar Persson**

**Ingrid Wesström**



---

**Institutionen för markvetenskap  
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

---

**Avdelningsmeddelande 91:2  
Uppsala 1991**

---

ISSN 0282-6569  
ISRN SLU-HY-AVDM--91/2--SE

## FÖRORD

Ny bevattningsteknik i kombination med några torra somrar under mitten och senare delen av 1970-talet medförde att intresset för bevattning ökade starkt. Längs sydostkusten, på Öland och på Gotland ökade också intresset att använda östersjövattnet för bevattning. Frågor restes över vilka effekter det salta vattnet skulle kunna ha på markens egenskaper. I syfte att bearbeta frågeställningar om mer långsiktiga förändringar i markens saltinnehåll och saltsammansättning planlades 1975 en provtagningsserie på fasta provytor. Initiativ till denna undersökning togs bl a av dåvarande lantbrukskonsulenten Sven Alvelid vid Lantbruksnämnden i Kalmar län. Från Lantbrukshögskolan medverkade professor Lambert Wiklander och dåvarande försöksledaren Waldemar Johansson i planläggningen.

Under perioden 1976 till 1986 togs prover ut vid fem tillfällen ut från fem provytor på Öland. Ytorna hade före 1976 aldrig bevattnats med östersjövatten. Provtagningsarbetet har letts av lantmästare Börje Thuresson vid Lantbruksnämnden i Kalmar län. Han har också skött kontakterna med de fem lantbrukare som medverkat i undersökningen.

Bidrag för bearbetning av laboratorieresultaten och för publicering har erhållits av Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien.

Ett tack riktas till berörda lantbrukare som tålt intrång och meddelat uppgifter om grödor och bevattning liksom till andra som bidragit till att arbetet kunnat genomföras.

<b>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</b>	sida
<b>INLEDNING</b>	4
<b>VERKAN AV SALTHALTIGT VATTEN PÅ MARK OCH GRÖDA</b>	4
Försvårad vattenupptagning	4
Försämrade markstruktur	5
Förgiftning	7
<b>UNDERSÖKNINGAR</b>	8
Provtagningsytor	8
Innehåll av salter i bevattningsvattnet	11
Nederbörd	12
Provtagning, markkemiska analyser och bestämningar	12
<b>RESULTAT</b>	13
Reaktionstal	13
Ledningstal	13
Lättlösligt kalium	15
Lättlösligt kalcium	15
Lättlösligt magnesium	15
Natrium	16
Klorid	16
<b>SAMMANFATTANDE DISKUSSION</b>	20
<b>LITTERATUR</b>	22
 BILAGA 1: Kemisk analys av jordprover uttagna vid Röhälla gård år 1976-86	1 sid
BILAGA 2: Kemisk analys av jordprover uttagna vid Mörbylånga gård år 1976-86	1 sid
BILAGA 3: Kemisk analys av jordprover uttagna vid Degerhamns gård år 1976-86	1 sid
BILAGA 4: Kemisk analys av jordprover uttagna vid Melstaby år 1976-86	1 sid
BILAGA 5: Kemisk analys av jordprover uttagna vid Hulterstad år 1976-86	1 sid



## INLEDNING

Östersjövatten används i ganska måttlig omfattning i Sverige för bevattningsändamål. Lokalt, längs sydostkusten och på Öland och Gotland, är dock bevattning med östersjövatten av viss betydelse. Möjligheterna att använda sötvatten är här ofta begränsade. Det är främst sockerbetor som kommer ifråga för bevattning med havsvatten, men även till spannmål och vallar utnyttjas östersjövattnet. Statistiska Centralbyrån (1988) fann att det år 1985 för bevattningsändamål fanns 60 uttagspunkter för havsvatten i Sverige. Av dessa fanns 31 på Öland.

Salthalten i östersjövattnet är vid Skånes ostkust ca 8 - 9 g/l. Halten minskar succesivt norrut. I Bottenhavet i höjd med Gävle är salthalten ca 6 g/l. Enligt flertalet internationella rekommendationer kan vatten som innehåller sådana saltkoncentrationer inte användas för bevattning. Svenska erfarenheter har dock visat att det under vissa förutsättningar och till vissa grödor är möjligt. Huvudanledningen härtill är att vi har ett svalt och fuktigt klimat och i regel ett stort nederbördsöverskott under vinterhalvåret.

Nitsch (1967) belyser möjligheterna att använda östersjövatten för bevattning. Mer allmänt och i handboksmässig form, behandlas bevattningstvattnets kemiska kvalitetsegenskaper av Kreuger (1986) och av Håkansson & Kreuger (1986). Effekter på grödors avkastning vid bevattning med östersjövatten har redovisats av Nääs (1956-57) och av Johansson (1978).

För att studera de markkemiska effekterna av bevattning med östersjövatten startades år 1976 en provtagningsserie omfattande 5 fasta provplatser på Öland. Målsättningen med undersökningen var att belysa långsiktiga förändringar i markvätskans och markens saltinnehåll och jonsammansättning efter återkommande bevattningar med östersjövatten.

Denna uppsats upptar huvudsakligen en redovisning av resultaten från denna provtagningsserie. Inledningsvis ges en sammanfattning av de problem som kan uppstå vid bevattning med salt vatten.

## VERKAN AV SALTHALTIGT VATTEN PÅ MARK OCH GRÖDA

Vid bevattning med salthaltigt vatten tillförs åkermarken ofta stora mängder salt. Försvårad vattenupptagning, försämrad infiltrationsförmåga och förgiftning av grödan kan bli följden av salttillskottet. Konsekvenserna beror, förutom av tillförda saltmängder, salthalt och saltsammansättning, av klimat, markegenskaper, bevattningsteknik och den aktuella grödan. Fördelar av bevattningen i form av skördeökning måste i varje enskilt fall vägas mot eventuella nackdelar som försämrad markstruktur och kemiska förändringar i marken.

### Försvårad vattenupptagning

Anrikning av salter i grödans rotzon uppstår vanligen genom att salter tillförs via bevattningstvatten eller genom kapillär upptransport av mer eller mindre salt grundvatten. En del av de salter som finns lösta i bevattningstvattnet eller lösta i upptransporterat grundvatten eller som löses under vattnets upptransport anrikas i rotzonen genom växternas vattenupptagning. I humida områden, dvs där den årliga nederbörden överskrider avdunstningen från mark och gröda, motverkar nederbördsöverskottet riskerna för saltanrikning.

Hög saltkoncentration i marklösningen innebär låg osmotisk potential i markvätskan. Större andel av markens vattenförråd blir härigenom mindre tillgängligt eller otillgängligt. Växterna utsätts därmed lättare för vattenstress vilket kan medföra skördereduktion och sämre produktkvalitet.

Om marklösningen antagit högre saltkoncentration än bevattningsvattnet kan fortsatt anrikning motverkas genom återkommande bevattning med större vattenmängd än vad grödan förbrukar. Salter kommer då succesivt att utlakas, dvs att i löst form transporteras allt djupare ned i profilen. Vid markytan kommer markvätskan strax efter en bevattning att hålla samma saltkoncentration som bevattningsvattnet. Längre ned i rotzonen blir koncentrationen ofta flera gånger högre beroende på att grödan förbrukar vattnet medan det vid varje bevattning tillförs mera salt. För att markens förmåga att magasinera växttillgängligt vatten inte ska minskas för mycket är det viktigt att tillföra tillräckligt med överskottsvatten innan saltkoncentrationen blir alltför hög i rotzonens nedre del. Utlakningen måste på sikt vara lika stor eller större än motsvarande saltanrikning.

En förutsättning för framgångsrik överskottsbevattning i syfte att utlaka salter är att det är väl sörjt för dränering av överskottsvattnet. Medför överskottsbevattningen att grundvattennivån höjs, så att kapillär upptransport till rotzonen möjliggörs, motverkas syftet.

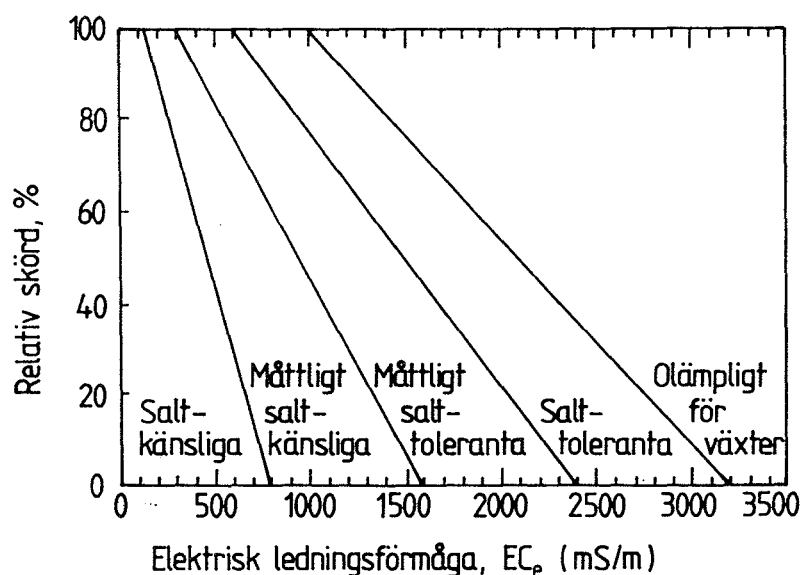
Vid bevattning med östersjövatten i vårt humida klimat är det sällan aktuellt att rekommendera ett utlakningsförfarande. Saltkoncentrationen i markvätskan uppnår knappast det tillförda vattnets koncentration förrän efter fyra normala bevattningar med östersjövatten utan mellanliggande nederbörd (Nitsch, 1967; Kreuger, 1986).

Det enklaste sättet att erhålla ett mått på den totala halten lösta salter i markvätskan är att mäta den specifika elektriska ledningsförmågan i ett extrakt bestående av jord och destillerat vatten. Vanligen utförs mätningen i ett s k mättat extrakt. Vatten tillsätts då till motsvarande dubbla fältkapaciteten. Ledningsförmågan i det mättade extraktet brukar betecknas  $EC_e$  och uttrycks i millisiemens per meter (mS/m) <sup>(1)</sup>.  $EC_e$  multiplicerat med 2 ger ett ungefärligt mått på marklösningens specifika ledningsförmåga ( $EC_{sw}$ ). Så länge ledningsförmågan i en saltlösning understiger 1000 mS/m kan den totala salthalten i mg/l skattas till ca 6,4 gånger den uppmätta ledningsförmågan (mS/m). Om grödorna klassificeras efter saltkänslighet kan samband mellan grödornas relativa avkastning och uppmätta  $EC_e$ -värden tecknas som i figur 1. En sådan klassificering av grödor som är aktuella i Sverige lämnas i tabell 1.

<sup>(1)</sup> 1 mS/m = 0,01 mmho/cm

### Försämrade markstruktur

Förutsättningarna för uppbyggnad eller bibehållande av en god markstruktur är starkt beroende av balansen mellan olika katjoner i marklösningen. Förskjuts balansen i markvätskan, t ex genom bevattning med salt vatten, så att koncentrationen av natriumjoner ökar, kommer dessa att till en del förtränga andra katjoner, såsom  $Ca^{2+}$  och  $Mg^{2+}$ , från markkolloidernas negativt laddade ytor. Om envärda katjoner adsorberas till kolloiderna på bekostnad av tvåvärda katjoner medför detta att markpartiklarna kommer längre ifrån varandra och risken att aggregat faller sönder under fuktiga förhållanden ökar.



Figur 1. Grödors salttolerans. Relativ avkastning som funktion av ledningsförmågan i mättat jordextrakt (EC<sub>e</sub>). Efter Maas & Hoffman (1977).

Tabell 1. Salttolerans hos olika grödor efter groddplantstadiet (efter Maas & Hoffman, 1977 och Ayers & Westcot, 1985)

	Saltkänsliga <sup>1</sup>	Måttligt saltkänsliga <sup>1</sup>	Måttligt salttoleranta <sup>1</sup>	Salttoleranta <sup>1</sup>
Åkerväxter		Majs Lin Potatis	Vete Havre Råg Raps Åkerböna	Korn Sockerbeta
Vallväxter		Blålusern Fodervicker Klöver Ängskavle Hundäxing Timotej Krypven	Eng.rajgräs Ängssvingel Foderlost Rörflen	
Grönsaker	Lök Morot Bönor	Kålväxter Selleri Gurka Tomat Sallat Spenat	Rödbeta Squash Sojaböna	Sparris
Frukt och bär	Äpple Päron Persika Plommon Körsbär Svarta vinbär Björnbär Hallon Jordgubbar			

<sup>1</sup> Uppdelningen av grödnas relativa tolerans motsvarar gränserna i figur 1.



Den sämre aggregatstabiliteten medför i första hand att markytan lättare slammar igen och att infiltrationsförmåga därmed reduceras. Detta kan bidra till att ytvatten bildas. Detta kan under extrema förhållanden medföra att vattnet infiltrerar alltför långsamt för att tillgodose grödans förbrukning (Ayers & Westcot, 1985). Bland sekundära problem orsakade av försämrad infiltration kan nämnas skorpbildning med försämrad uppkomst, ökad ogräsförekomst, störningar i växtnäringstillgång, syrebrist, ruttnande utsäde och nedsatt skörd, särskilt i svackor på fältet. Sämre aggregatstabilitet gör också marken känsligare för packning och ältning vid trafik med tunga maskiner.

För bedömning av riskerna från struktursynpunkt att använda ett visst vatten för bevattning används ofta natriumadsorptionskvoten (SAR = Sodium Adsorption Ratio). Den anger förhållandet mellan koncentrationen av natriumjoner och koncentrationen av tvåvärda kationer angivna i milliekvivalenter per liter. En variant av SAR-värdet, adj. SAR, (adjusted Sodium Adsorption Ratio) tar hänsyn till vattnets förmåga att lösa ut kalk från marken. För en närmare beskrivning av dessa begrepp hänvisas till Ayers & Westcot (1985) eller Kreuger (1986). Markvätskans natriummättnadsgrad, ESP (Exchangeable Sodium Percentage), beskriver riskerna för dispersion. ESP-värdet utgör procentandelen natriumjoner av kationbyteskapaciteten.

## **Förgiftning**

Höga koncentrationer av vissa joner i bevattningsvattnet eller i markvätskan medföra direkt förgiftningsrisk för grödan. Anrikning till koncentrationer som kan förgifta tar ofta tid och synliga skador är ibland svåra att upptäcka. Skadornas omfattning beror på koncentrationen av den skadliga jonen, hur lång tid växten utsätts för höga koncentrationer, växtens känslighet och mängden vatten som grödan transpirerar (Ayers & Westcot, 1985).

Bevattning med salthaltigt vatten medför risk för bl a natrium-, klor-, och borförgiftning. Saltet i Östersjöns vatten utgörs till 75-80 viktprocent av koksalt. I genomsnitt ingår 53 % klorid, 30 % natrium, 4 % magnesium, 2 % kalcium, 1 % kalium, 8 % sulfat och 2 % vätekarbonat. I små mängder förekommer dessutom en rad spårämnen. Av dessa kräver bor särskild uppmärksamhet. Borhalten är i Bottenhavet ca 0,5 mg/l och i södra Östersjön ca 1,1 mg/l (Gripenberg, 1960, citerad av Nitsch, 1967).

Natriumförgiftning kan uppträda vid höga natriumkoncentrationer i marklösningen. Marklösningens kalciumkoncentration är mycket viktig i detta sammanhang. Kalcium motverkar natriums giftverkan. För bedömning av förgiftningsrisker används både markanalyser och bladanalyser. Den tidigare nämnda natriummättnadsgraden (ESP-värdet) används som ett mått på skadliga natriumhalter i marken. Känsliga växter, som t.ex bönor och fruktträd, påverkas vid ESP-värden på mellan 10 och 20 procent. Mer toleranta växter klarar ESP-värden högre än 20 procent, men vid så höga ESP-värden finns risk för strukturförsämringar i marken. Vid bladanalyser visar känsliga växter förgiftningssymtom vid natriumhalter högre än 0,25 - 0,50 procent av torrsubstansen (Smedema och Rycroft, 1983).

Känsliga för höga halter av kloridjoner är framförallt bärväxter och fruktträd. Skador kan förväntas uppstå när ett mättnadsextrakt av jorden innehåller mer än 350 milligram klorid per liter (motsvarar ungefär den dubbla koncentrationen i marklösningen) eller om bladen innehåller mer

än 0,3 - 0,5 procent klor av den torra bladvävnaden (Smedema & Rycroft, 1983).

Växter behöver mycket små mängder bor men är ofta känsliga för överskott av bor. Svarta vinbär, päron, körsbär, plommon, lök, bönor, vete och korn betecknas av Ayers & Westcot (1985) samtliga som känsliga för borhalter över 1,0 mg/l i markvätskan. Högre borkoncentration än normalt har sällan sitt ursprung i markmineral, utan kommer från andra källor, främst bevattningsvattnet.

## UNDERSÖKNINGAR

### Provtagningsytor

Provplatser utsågs på fält som inte tidigare hade bevattnats med östersjövatten. För att de återkommande provtagningarna skulle kunna göras på samma platser inmättes och fastlades kvadratiska provtagningsytor med 10 meters sida. Provtagningsytor lades ut på gårdarna Röhälla Gård, Mörbylånga Gård, Degerhamns Gård, Melstaby och Hulterstad på södra delen av Öland. Jordprov för mekanisk analys (jordartsbestämning) uttogs på provtytorna år 1977. Dessa analyserades enligt rutiner vid Avdelningen för lantbrukets hydroteknik vid Sveriges Lantbruksuniversitet (Ljung, 1987). Kornstorleksfördelningen i provtagna skikt redovisas nedan tillsammans med skattade värden på katjonbyteskapaciteten (CEC) för varje plats nedan. Katjonbyteskapaciteten har skattats med utgångspunkt från ler- och mullhalt enligt Svensson (1990). Skattningsmetoden har föredragits framför den gängse metoden att addera uppmätta katjonhalter eftersom flera av de provtagna horisonterna uppvisar höga pH-värden och är karbonathaltiga. Uppgifter om grödor och bevattning har insamlats genom Lantbruksnämndens i Kalmar län försorg.

### Röhälla Gård

Röhälla Gård ligger ca 6 km norr om Färjestaden. Provtagningsytan är belägen cirka 50 meter från Kalmarsund. Fältet är mycket heterogent. Jordarten varierar från lera till sandjord eller t o m grusjord med riklig förekomst av sten. Jordarten på provtagningsytan varierar även med djupet från mullfattig svagt lerig sandig morän i matjorden till lerig morän i alven (tabell 2). Odlade grödor och årliga bevattningsmängder återges i tabell 3.

Tabell 2. Jordens mekaniska sammansättning i viktprocent och beräknad katjonbyteskapacitet (CEC) på provplatsen vid Röhälla gård

Djup (cm)	>2mm	grov- sand	mellan- sand	grov- mo	fin- mo	grov- mjäla	fin- mjäla	ler	mull	beräknad CEC
0-10	13,1	10,0	54,0	16,7	1,8	0,2	0,2	2,6	1,4	5,9
10-20	18,9	12,9	52,4	11,5	0,9	0,5	0,1	1,4	1,4	5,4
20-30	4,1	8,8	61,2	22,8	1,4	0,0	0,0	1,1	0,6	4,1
30-40	5,8	3,8	58,4	29,0	1,2	0,2	0,5	0,5	0,6	3,9
40-60	17,0	6,5	22,8	22,4	8,1	10,0	2,2	10,6	0,2	7,1
60-80	15,9	5,1	16,2	14,3	10,1	15,4	8,5	14,0	0,5	8,8
80-100	13,0	2,2	10,4	12,4	14,6	23,2	10,4	13,2	0,6	8,7

Tabell 3. Grödor och bevattning vid Röhälla

År	Gröda	Bevattning (mm)
1976	sockerbetor	60
1977	korn	
1978	sockerbetor	12
1979	sockerbetor	30
1980	korn	30
1981	korn	
1982	vall I	60
1983	vall II	90
1984	vall III	90
1985	vall IV	90

### *Mörbylånga Gård*

Mörbylånga Gård ligger strax norr om samhället Mörbylånga på Ölands västkust. Matjorden på provplatsen består av måttligt mullhaltig svagt lerig grusig morän och alven utgörs av morängrus (tabell 4). Profilen är genomgående mycket genomsläpplig och har ett rotdjup på cirka 70 cm. Grundvattenytan låg vid provtagningsstillfället 1977 på 90 cm djup. Fältet är plant runt provplatsen. Grödor och bevattning under provtagningsperioden framgår av tabell 5.

Tabell 4. Jordens mekaniska sammansättning i viktprocent och beräknad katjonbyteskapacitet (CEC) i viktprocent vid Mörbylånga

Djup (cm)	>2mm	grov-sand	mellan-sand	grov-mo	fin-mo	grov-mjåla	fin-mjåla	ler	mull	beräknad CEC
0-10	62	5,5	11,6	10,9	2,9	1,4	0,0	3,0	2,7	8,1
10-20	64	4,0	10,7	11,0	2,8	1,3	0,2	3,2	2,8	8,3
20-30	67	3,5	10,1	10,6	2,4	0,8	0,2	2,7	2,7	8,0
30-40	56	12,2	16,7	11,4	1,3	0,5	0,2	1,0	0,6	4,0
40-60	64	3,7	16,1	13,2	0,6	0,6	0,2	1,2	0,5	4,0
60-80	68	2,3	10,5	17,2	0,3	0,7	0,0	0,6	0,3	3,4
80-100	75	0,8	4,4	18,0	0,0	0,6	0,1	1,0	0,2	3,4

Tabell 5. Grödor och bevattning vid Mörbylånga

År	Gröda	Bevattning (mm)
1976	sockerbetor	75
1977	lök	
1978	bruna bönor	
1979	råg	
1980	sockerbetor	100
1981	bruna bönor	
1982	råg	
1983	råg	
1984	sockerbetor	50
1985	våraps	15

### *Degerhamns Gård*

Degerhamns Gård ligger mellan Degerhamn och Grönhögen på Ölands västkust. Matjorden består av måttligt mullhaltig lerig sandig morän och



alven av moig sandig morän (tabell 6). En skarp jordartsgräns kan urskiljas i plogsulan. Troligen utgör denna gräns även en rotspärr. Sten förekommer rikligt i matjorden. Ett par centimeter tjockt grusskikt påträffades i alven. Fältet sluttar svagt i riktning mot havet. Grödor och bevattning framgår av tabell 7.

Tabell 6. Jordens mekaniska sammansättning i viktprocent och beräknad katjonbyteskapacitet (CEC) på provytan vid Degerhamns gård

Djup (cm)	>2mm	grov-sand	mellan-sand	grov-mo	fin-mo	grov-mjåla	fin-mjåla	ler	mull	beräknad CEC
0-10	17	7,2	32,7	25,4	2,6	2,9	0,3	8,7	3,2	11,0
10-20	18	7,2	31,7	26,2	3,3	2,5	0,1	8,2	2,9	10,4
20-30	20	12,5	26,2	33,0	2,4	1,4	0,5	3,3	0,6	4,9
30-40	0	1,9	35,4	58,2	0,0	1,3	0,5	2,7	0,0	3,8
40-60	0	0,6	36,8	57,8	0,7	1,8	0,5	1,6	0,1	3,5
60-80	6	1,9	29,4	57,6	1,8	1,3	0,5	1,4	0,1	3,4
80-100	0	1,0	30,3	64,2	0,9	1,7	0,5	1,2	0,2	3,5

Tabell 7. Grödor och bevattning vid Degerhamn

År	Gröda	Bevattning (mm)
1976	sockerbetor	70
1977	korn	
1978	råg	
1979	sockerbetor	35
1980	korn	
1981	korn	
1982	råg	120
1983	sockerbetor	
1984	korn	
1985	korn	

### Melstaby

Provplatsen vid Melstaby ligger 900 meter öster om Gräsgårds kyrka på Ölands ostkust. Jordarten på provytan är i matjorden måttligt mullhaltig moränlättilera och i alven lerig morän (tabell 8). Jorden har svagt utvecklad struktur och är den mest kompakta av de provtagna profilerna. Förekomsten av sten är riklig. Fältet sluttar svagt i riktning mot havet. Som framgår av tabell 9 har provytan bevattnats endast en gång under den aktuella perioden.

Tabell 8. Jordens mekaniska sammansättning i viktprocent och beräknad katjonbyteskapacitet (CEC) vid Melstaby

Djup (cm)	>2mm	grov-sand	mellan-sand	grov-mo	fin-mo	grov-mjåla	fin-mjåla	ler	mull	beräknad CEC
0-10	30	2,6	5,4	8,2	17,4	6,2	2,9	22,0	5,3	19,4
10-20	39	3,4	4,5	5,6	13,6	5,4	2,6	18,7	7,1	20,9
20-30	74	5,5	3,7	2,3	2,7	3,4	1,2	5,6	1,7	7,5
30-40	59	7,0	6,3	4,3	6,7	6,3	2,6	7,4	0,5	6,3
40-60	65	8,4	4,7	3,1	3,7	4,4	3,5	7,0	0,4	6,0
60-80	56	5,2	5,1	4,4	7,0	7,2	3,9	10,6	0,5	7,5

Tabell 9. Grödor och bevattning vid Melstaby

År	Gröda	Bevattning (mm)
1976	sockerbetor	30
1977	korn	
1978	vall I	
1979	vall II	
1980	vall III	
1981	råg	
1982	sockerbetor	
1983	korn	
1984	ärter	
1985	höstvet	

### Hulterstad

Provplatsen är belägen ca 2 km söder om Hulterstads kyrka på Ölands ostkust. Jordarten är mullfattig lerig morän (tabell 10). Profilen är homogen med kompakt struktur. Sten förekommer rikligt. Fältet är plant runt provplatsen. Grödor och bevattning under provtagningsperioden framgår av tabell 11.

Tabell 10. Jordens mekaniska sammansättning i viktprocent och beräknad katjonbyteskapacitet (CEC) vid provplatsen Hulterstad

Djup (cm)	>2mm	grov-sand	mellan-sand	grov-mo	fin-mo	grov-mjåla	fin-mjåla	ler	mull	beräknad CEC
0-10	37	4,1	9,8	16,2	9,6	6,3	2,2	13,5	1,3	9,9
10-20	48	6,0	8,1	11,3	8,3	4,8	1,7	10,9	0,8	8,1
20-30	58	5,6	5,5	7,1	6,8	5,8	3,6	7,0	0,8	6,6
30-40	38	6,1	6,7	7,9	11,7	10,7	5,2	13,0	0,7	8,8
40-60	27	7,6	7,7	9,7	12,3	11,6	7,9	15,4	0,7	9,7
60-80	45	8,1	8,3	6,3	9,0	9,4	5,0	8,5	0,5	6,7

Tabell 11. Grödor och bevattning vid Hulterstad

År	Gröda	Bevattning (mm)
1976	sockerbetor	75
1977	korn	25
1978	höstvet	
1979	sockerbetor	30
1980	korn	
1981	höstvet	
1982	sockerbetor	50
1983	korn	
1984	korn	
1985	sockerbetor	35

### Innehåll av salter i bevattningsvattnet

Bevattningsvattnet provtogs i början av perioden. Vattnet analyserades på saltinnehåll och ledningstal uppmättes (tabell 12). Under provtagningsseriens gång har bevattningsmängden noterats vid varje bevattningstillfälle.

Tabell 12. Bevattningsvattnets halter av olika joner, dess specifika elektriska ledningsförmåga (EC) samt natriumadsorptionskvot (SAR)

Plats	Ca <sup>2+</sup> g/l	Mg <sup>2+</sup> g/l	Na <sup>+</sup> g/l	K <sup>+</sup> g/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> g/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> g/l	Cl <sup>-</sup> g/l	Total salthalt g/l	EC vid 20°C mS/m	SAR
Röhälla	0,103	0,258	2,258	0,109	0,085	0,463	4,198	7,475	11,3	27,04
Mörbylånga	0,120	0,268	2,318	0,114	0,124	0,486	4,351	7,780	11,7	26,95
Degerhamn	0,106	0,267	2,327	0,113	0,087	0,467	4,306	7,673	11,6	27,40
Melstaby	0,118	0,272	2,378	0,117	0,103	0,515	4,398	7,900	11,9	27,52
Hulterstad	0,118	0,273	2,392	0,116	0,116	0,493	4,407	7,915	11,9	27,61

## Nederbörd

Månads- och årsvärden för nederbörden under perioden 1976 till 1986 uppmätta vid SMHI:s mätstation vid Mörbylånga redovisas i figur 2. Normal årsmedelnederbörd (1951-80) är vid Mörbylånga 480 mm (Eriksson, 1983).

### Årlig nederbörd mm

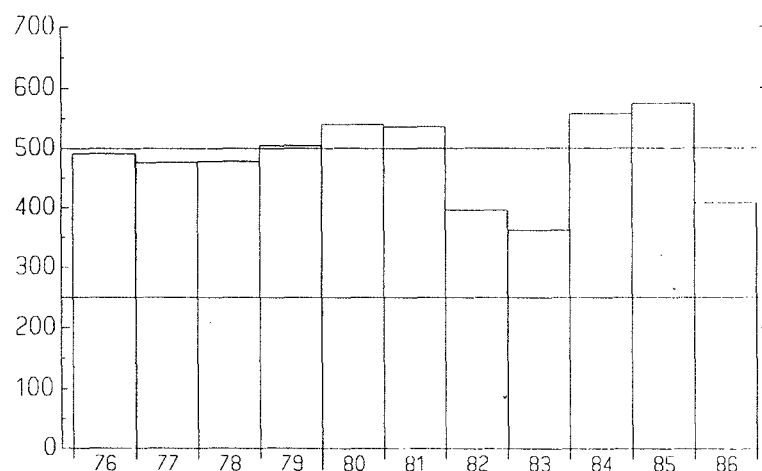


Fig 2. Nederbörd under perioden 1976-1986 vid Mörbylånga.

## Provtagning, markkemiska analyser och bestämningar

För markkemiska analyser togs jordprover ut i juni 1976 före första bevattningen med östersjövatten. Därefter uttogs jordprov åren 1979, 1982, 1984 och 1986 på vårarna före gödsling. Proverna från 1976 analyserades vid Avdelningen för marklära vid Sveriges Lantbruksuniversitet. Proverna som uttagits fr o m 1979 analyserades vid Statens Lantbrukskemiska Laboratorium i Uppsala.

Provtagning utfördes med jordborr ned till 1 meters djup på 4 ställen inom provplatsen. Prov togs ut i tjugocentimetersskikt ned till 100 cm djup där så var möjligt. Fr o m provtagningen 1979 togs prover ovan 40 cm djup ut i decimetersskikt medan prover djupare än 40 cm togs ut i tjugocentimetersskikt. I redovisningen har alla analysresultat omräknats till medeltal för delprover inom tjugocentimetersskikt.



Jordproven analyserades på innehåll av lösligt kalium (K-AL), kalcium (Ca-AL), magnesium (Mg-AL), och natrium (Na-AL) samt kloridinnehåll ( $\text{Cl}^-$ ). Vidare mättes reaktionstal i vatten ( $\text{pH-H}_2\text{O}$ ), reaktionstal i kalciumklorid ( $\text{pH-CaCl}_2$ ) och ledningstal (Lt).

Ledningstalet används rutinmässigt inom trädgårdsnäringen för att indikera jordens eller odlingssubstratets salthalt. Ledningstalet mäts på motsvarande sätt som det inledningsvis nämnda  $\text{EC}_e$ -värdet men på extrakt som är betydligt mer utspädda. Lösliga salter är lösta redan i ett mättat extrakt medan svårslösliga salter, som t ex kalciumkarbonat, går i lösning i proportion till utspädningen. Därför kan man tyvärr inte direkt räkna om ledningstal till  $\text{EC}_e$ -värden. Ledningstalet i prover från 1976 mättes i extrakt bestående av 1 viktsdel jord i 9 delar vatten. I prover uttagna 1979 och senare har ledningstalet mätts i extrakt bestående av 1 volymsdel jord i 9 delar vatten. Följande riktvärden för utvärdering av ledningstal anges av Karlsson (1968):

0-1,5	Kan innebära otillräckligt med näring.
1,5-4,0	Inom detta område trivs de flesta kulturer. Härtill måste dock anmärkas, att området är högt för mycket unga kulturer och för en del växtarter.
4,0-5-5	Ger försvagad växt hos känsliga kulturer samt för alla unga plantor.
5,5-8	Ger lätta till starka växthämningar hos praktiskt taget alla kulturer.
8,0-	Innebär giftig saltmängd, som kan leda till svår missväxt.

Natriummätnadsgraden (ESP) har beräknats utgående från Na-AL-värdena och enligt Svensson (1990) skattade värden på katjonbyteskapaciteten.

## RESULTAT

Analysresultat från enskilda nivåer och platser vid de olika provtagnings-tillfällena återges samlat i tabellform i bilaga 1-5. Nedan koncentreras framställningen på observerade effekter och trender i förhållande till utförda bevattningar. Läsaren uppmärksammas på att analyserna är gjorda som enkelbestämningar och vid olika tillfällen. Analyser från det första provtagningsstillfället gjordes som nämnts vid ett annat laboratorium än övriga. Första provtagningen ägde rum efter vårbruk och gödsling medan övriga gjordes i april före gödsling. Jämförelser med det första provtagningsstillfället bör därför göras med viss försiktighet. Vid provtagningarna 1979, 1982, 1984 och 1986 hade det alltid förflutit minst en vinter efter att bevattning eller gödsling utförts.

### Reaktionstal

Några entydiga eller nämnvärda i förändringar av markens pH-värde i förhållande till utförda bevattningar har inte observerats.

### Ledningstal

Grafer över hur ledningstalet förändrats med tiden vid resp. provplats redovisas i fig. 3 a-j. Relativt höga ledningstal ytligt i profilerna vid första provtagningen kan bero på att den gjordes efter vårbruk och gödsling. Tendens till kvarstående förhöjda ledningstal en vinter efter bevattning kan utläsas endast vid Degerhamn 1984 (fig 3 e). Enligt de riktlinjer som ges för uttolkning av ledningstal ovan är denna förhöjning knappast skadlig för grödan.

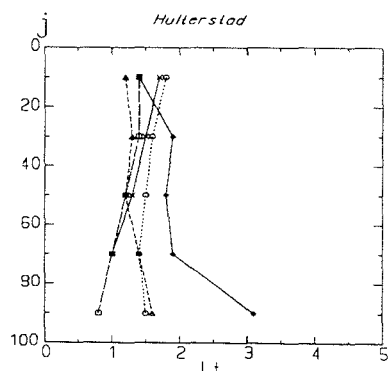
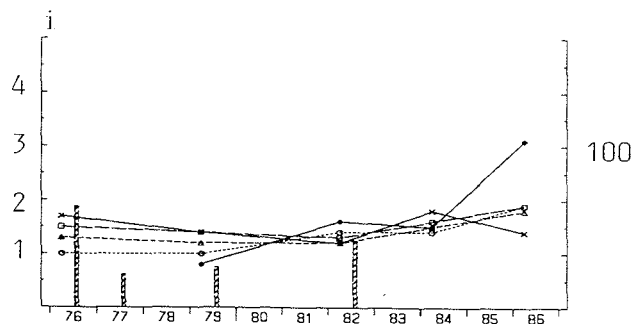
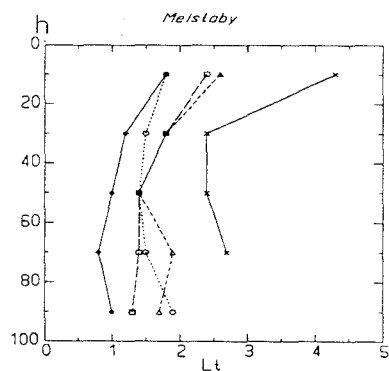
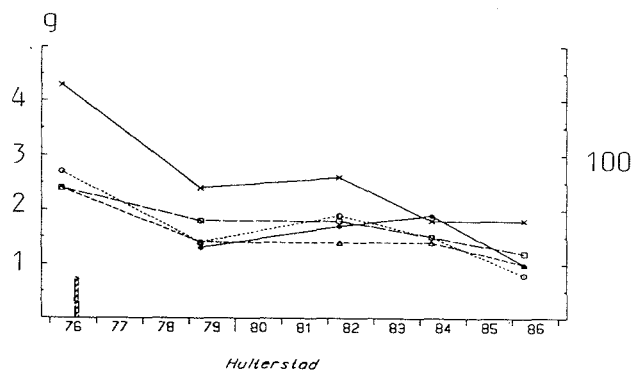
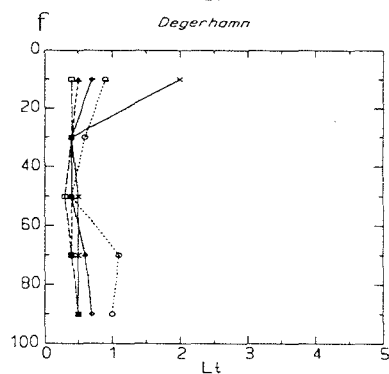
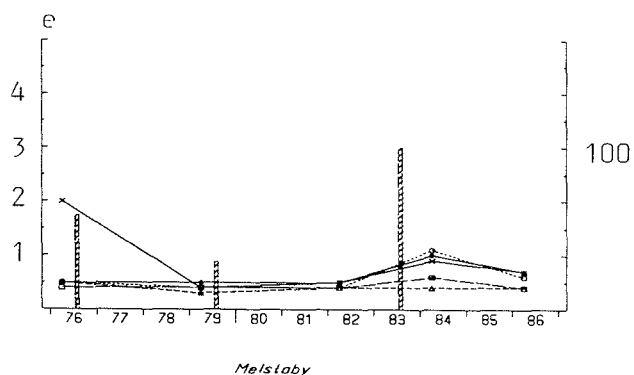
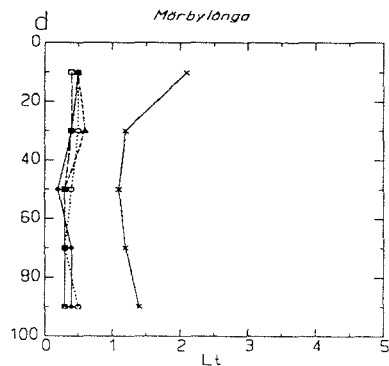
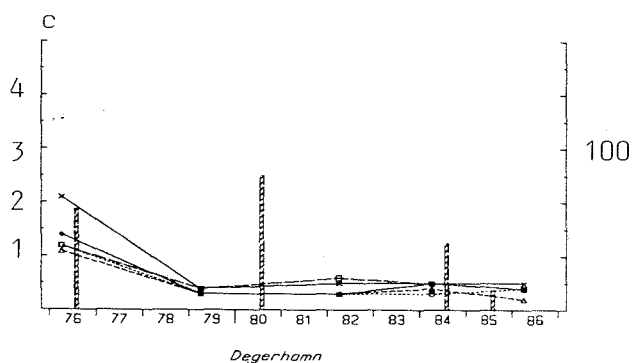
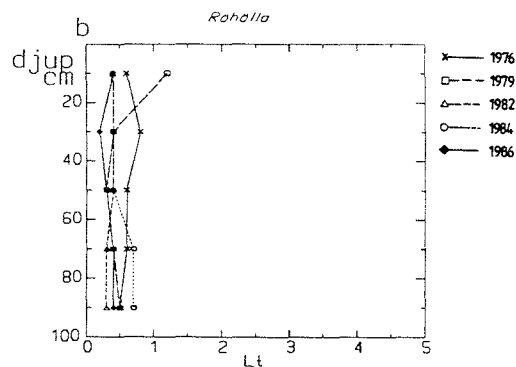
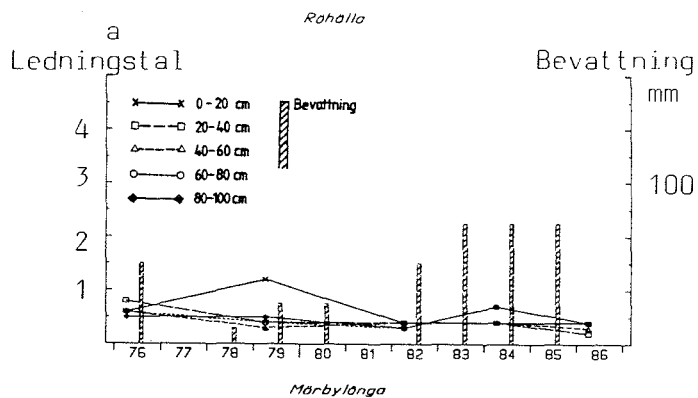


Fig. 3.a, c, e, g, i Ledningstalets förändring med tiden i olika markskikt samt årlig bevattning

Fig. 3.b, d, f, h, j Ledningstalets förändring med djupet vid olika provtagningstillfällena

### **Lättlösligt kalium**

Halterna av utbytbart kalium i matjorden är på samtliga provplatser utom vid Degerhamn större än 10 mg/100 g jord, dvs i markkartans K-AL-klass III eller högre. Alvjorden vid Degerhamn (nivåer djupare än 20 cm) uppvisar mycket låga halter av utbytbart kalium. Texturen är här mycket grov, jorden består till mer än 90 procent av grovmo och grövre fraktioner. Det samma gäller nivåer djupare än 40 cm vid Mörbylånga. Vid Röhälla minskade halten utbytbart kalium i skiktet 20-60 cm mellan provtagningar 1982 och 1984. Under denna tid odlades där vall vilket ofta medför stor bortförsel av kalium.

Halterna i markens översta 20 cm har i regel minskat något mellan provtagningen 1976 och den påföljande som gjordes våren 1979. Några förändringar i halterna utbytbart kalium som entydigt kan kopplas till utförd bevattning med saltvatten kan inte spåras vid någon av provplatserna.

### **Lättlösligt kalcium**

Det föreligger stora skillnader i halterna lättlösligt kalcium mellan provplatserna. Provplatserna Röhälla och Mörbylånga håller Ca-AL-värden mellan 20 och 200 mg/100 g medan profilerna vid Melstaby och Hulterstad innehåller mer än 2500 mg lättlösligt kalcium per 100 g jord. Provplatsen vid Degerhamn uppvisar måttliga Ca-AL-värden i skikt ned till 60 cm djup medan analyser från prover från djupare skikt huvudsakligen uppvisar halter av lättlösligt kalcium på över 1000 mg/100 g jord. Det är svårt att tolka tidsmässiga förändringar där profilen på detta sätt språngvis ändrar karaktär med djupet. Även om provtagningarna görs till väl definierade djup under markytan finns alltid risk att olika horisonter inte följer markytans topografi och att det därigenom kommer med olika mängd material från en viss horisont vid olika provtagningar.

Tendens till att mängden utbytbart kalcium minskade vid bevattning med saltvatten kan spåras i profilerna vid Röhälla och Degerhamn. Vid Röhälla bevattnades under åren 1982-1985 med 60, 90, 90 resp. 90 mm östersjövatten. I Röhällaprofilens övre 60 cm minskade halten utbytbart kalcium succesivt medan den ökade i skiktet därunder. På motsvarande sätt reagerade profilen vid Degerhamn efter 120 mm östersjövatten tillfört under torråret 1983. Den kraftiga ökningen av kalciuminnehållet i provet från skiktet 60 - 80 cm 1986 vid Degerhamn kan antingen bero på ovan nämnda provtagningsproblem eller på att en anrikning av kalcium från nivåer ovanifrån skett.

### **Lättlösligt magnesium**

För halten lättlösligt magnesium finns motsvarande skillnader mellan olika provplatser som för kalcium. Sålunda uppvisar Röhälla, Mörbylånga och de övre horisonterna vid Degerhamn halter mindre än 20 mg lättlösligt magnesium per 100 g jord medan Melstaby, Hulterstad och de flesta prov från horisonter djupare än 60 cm vid Degerhamn högre värden än 50 mg/100 g.

Halten av lättlösligt magnesium har succesivt ökat i markskikt ovan 80 cm djup vid Mörbylånga. Vid Degerhamn, skiktet 0-40 cm och vid Röhälla, skiktet 0-60 cm ökade magnesiumhalterna under perioden 1976 till 1982.



Då bevattnades med totalt 105 resp. 132 mm. Därefter minskade halterna magnesium i ytliga horisonter trots fortsatt bevattning, i stället ökade halterna djupare ned i profilerna.

## Natrium

Provplatserna Röhälla, Mörbylånga och Degerhamn uppvisade låga natriumhalter, 1-4 mg/100 g jord, i alla nivåer vid första provtagningen (fig 4 a-f). Vid Hulterstad var halten lättlösligt natrium mellan 10 och 12 mg/100 g jord. Vid Melstaby var natriumhalterna höga redan vid utgångsläget trots att ingen bevattning med saltvatten förekommit där tidigare. I profilens översta 20 cm översteg halten 70 mg/100 g jord. Överslagsmässigt motsvarar detta ca 2000 kg Na/ha i matjorden. Eftersom gödsling till sockerbeter föregått provtagningen 1976 är det möjligt att enskilda gödselkorn kommit med i proverna från ytskiktet och förryckt resultatet. Man bör dock notera de relativt höga natriumhalterna även i djupare skikt vid Melstaby.

Halten utbytbar natrium synes öka till följd av saltvattenbevattning under torråren 1982-83 i profilerna vid Röhälla och Degerhamn (fig 4 a,b,e,f) för att efter 1984 åter minska, i fallet Röhälla trots fortsatt bevattning med sammanlagt 180 mm under 1984 och 1985. I profilen vid Mörbylånga (fig 4 c,d) ökade natriumhalterna från utgångsläget fram till 1982. Denna ökning kan härröra från bevattningar 1976 med 75 mm och 1980 med 100 mm. Mellan åren 1982 och 1984 utfördes ingen bevattning vid Mörbylånga. Under den perioden omfördelades natrium nedåt i profilen. Trots bevattning med sammanlagt 65 mm under 1984 och 1985 minskade åter natriumhalten i profilens alla nivåer.

Ett bättre mått än den absoluta halten utbytbar natrium i marken för att belysa riskerna för såväl natriumförgiftning som riskerna för strukturskador är procentandelen utbytbar natrium av katjonbyteskapaciteten, natriummättnadsgraden (ESP). Förändringarna i ESP-värdet speglar direkt förändringarna i natriumhalt, men relationerna mellan olika skikt och olika profiler blir annorlunda beroende på skillnader i katjonbyteskapacitet (fig 5 a-j).

## Klorid

Kloridhalterna följer i princip samma mönster som natriumhalterna (fig 6 a-j). Värt att notera är att vid provtagningen 1984 vid Degerhamn, en vinter efter bevattning med 120 mm, fanns förhöjda halter av kloridjoner från 40 cm djup och tilltagande med djupet, medan natriumhalterna vid samma tidpunkt var förhöjda i grunda horisonter. Den negativt laddade kloridjonen kvarhålls inte alls i profilen som den positiva natriumjonen vilken undergår utbytesreaktioner med markkolloiderna.

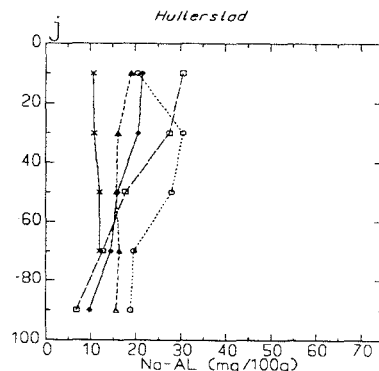
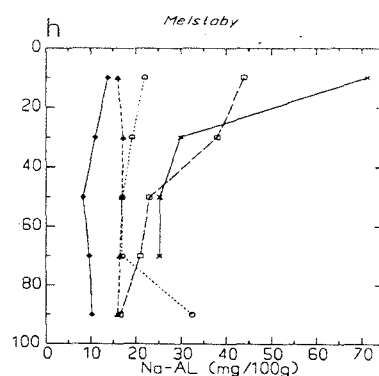
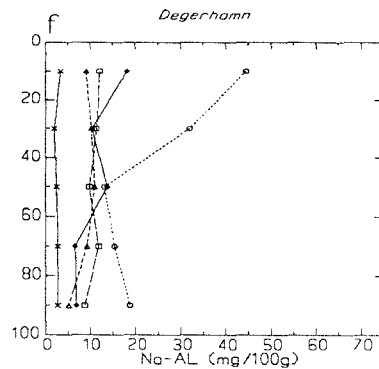
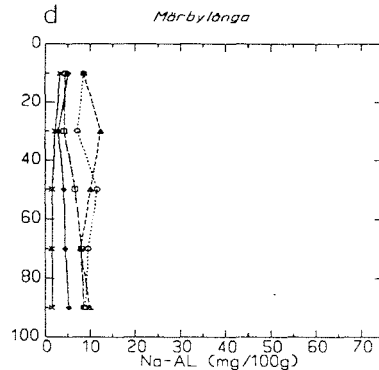
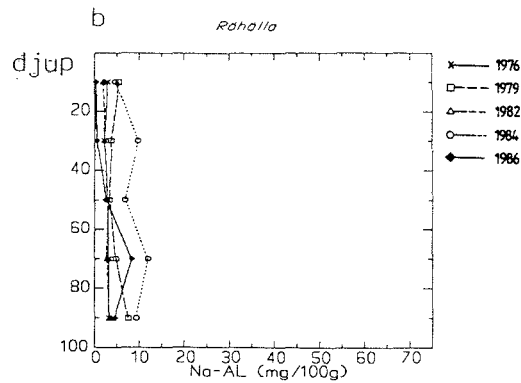
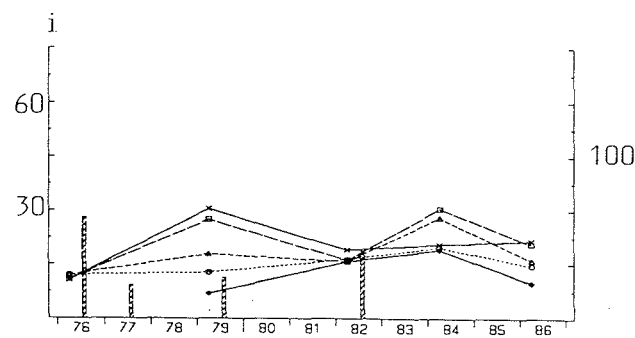
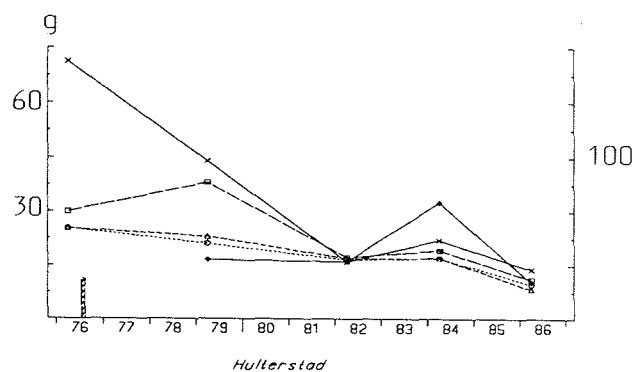
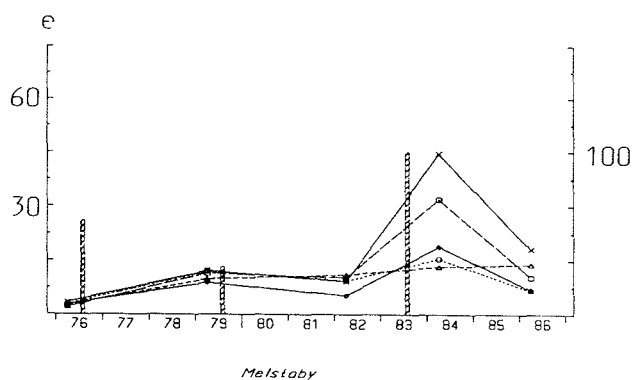
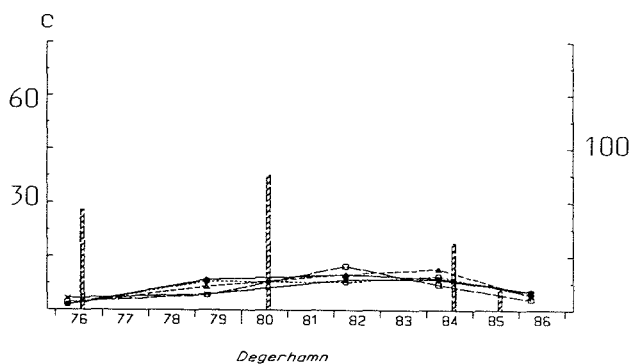
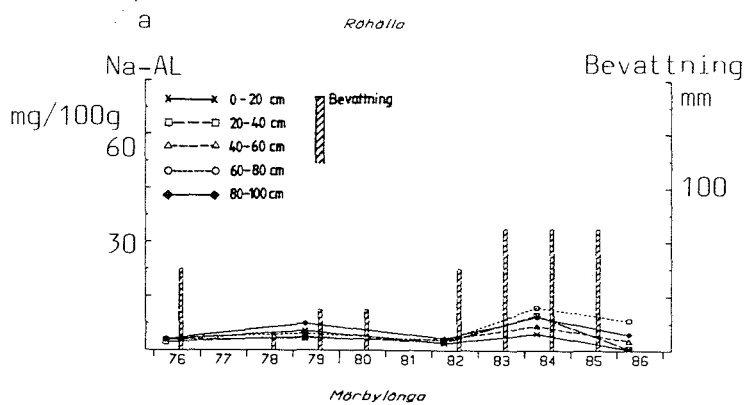


Fig. 4.a, c, e, g, i Natriumhaltens förändring med tiden i olika markskikt samt årlig bevattning

Fig. 4.b, d, f, h, j Natriumhaltens förändring med djupet vid olika provtagningstillfällen

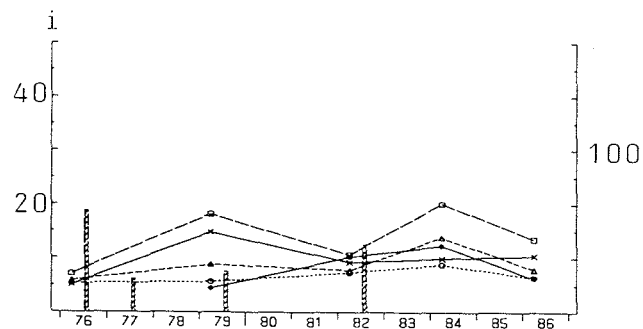
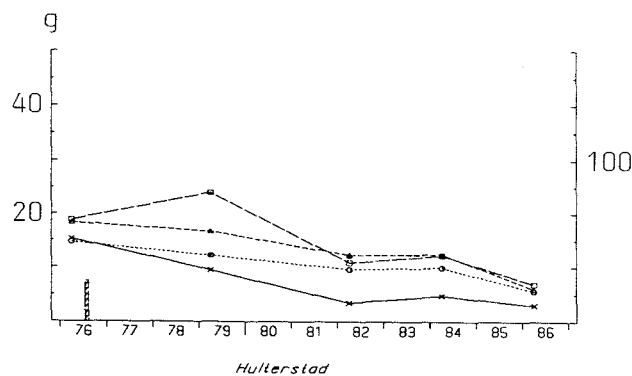
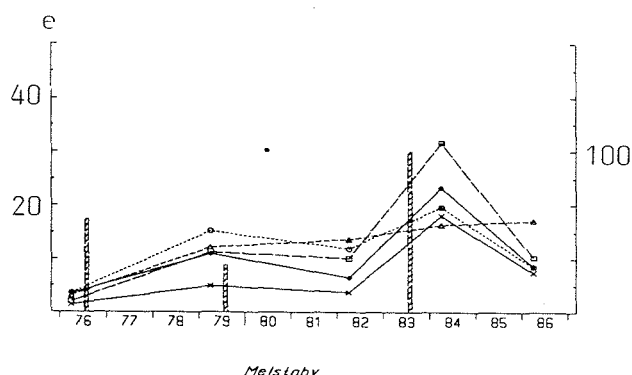
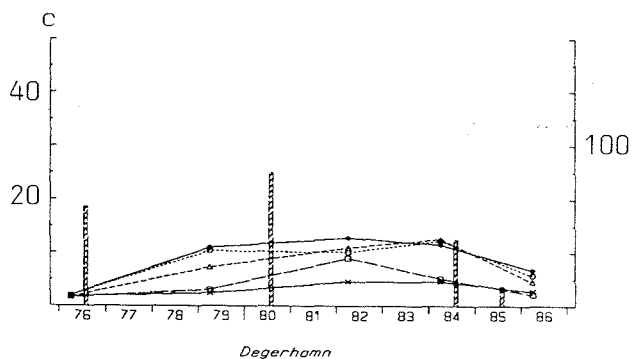
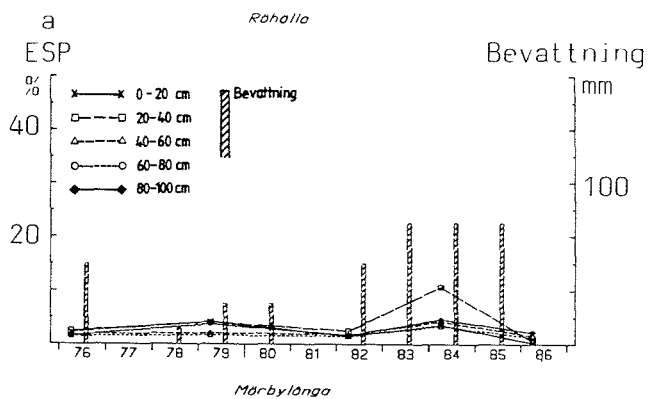


Fig. 5.a, c, e, g, i Natriummättnadsgradens förändring med tiden i olika markskikt samt årlig bevattning

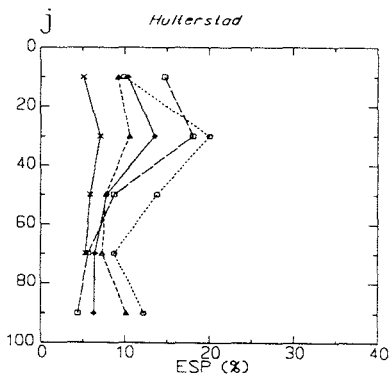
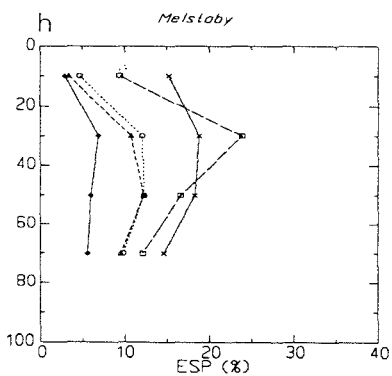
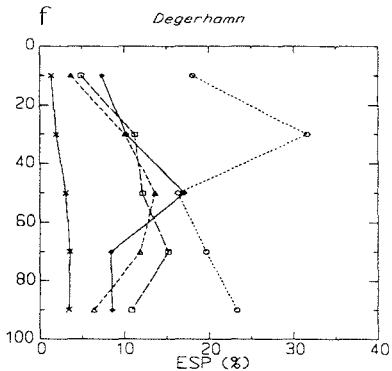
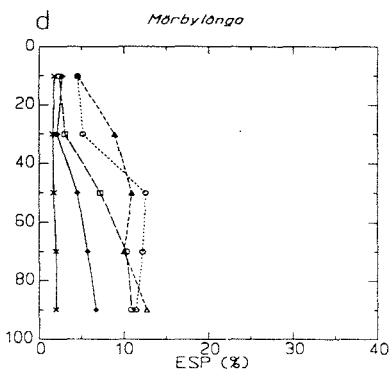
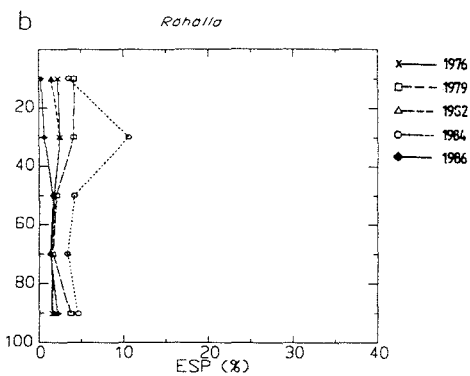


Fig. 5.b, d, f, h, j Natriummättnadsgradens förändring med djupet vid olika provtagningstillfällen



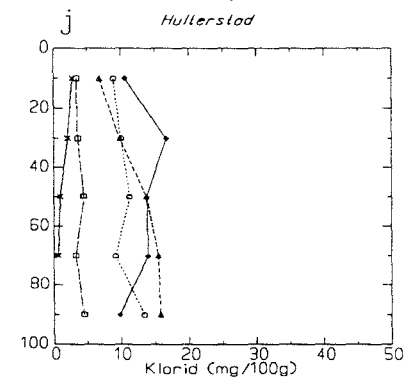
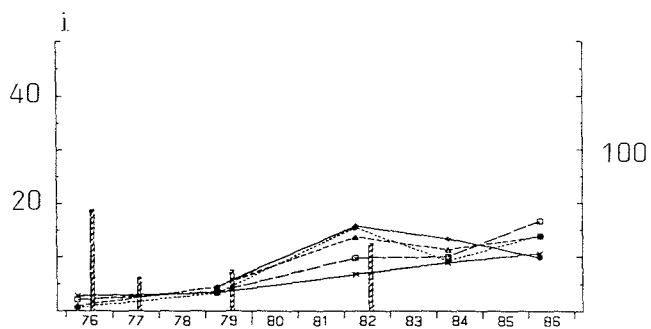
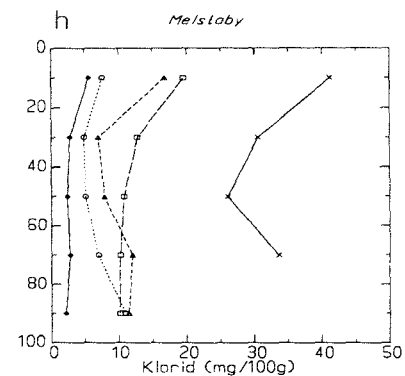
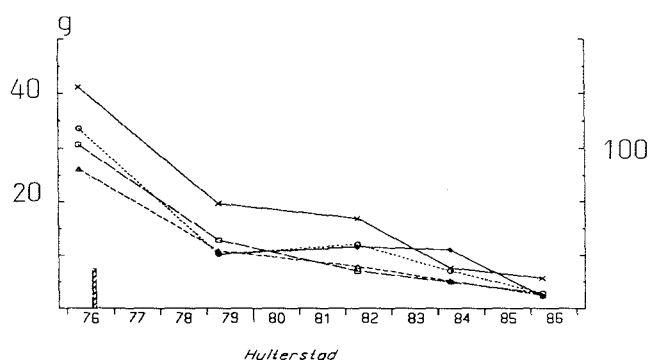
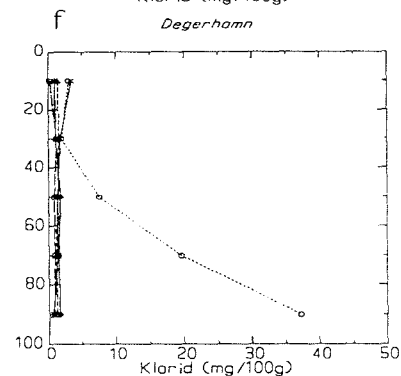
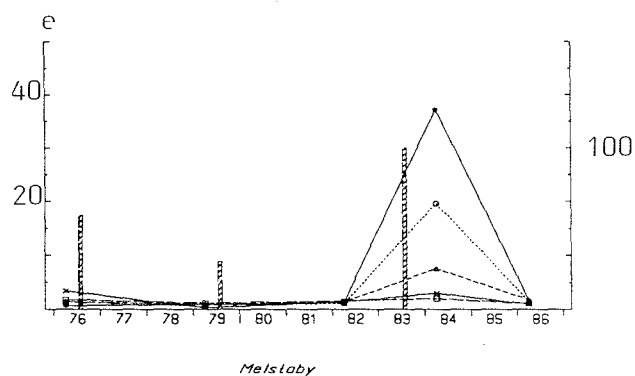
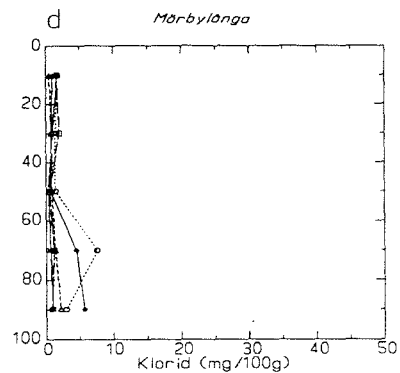
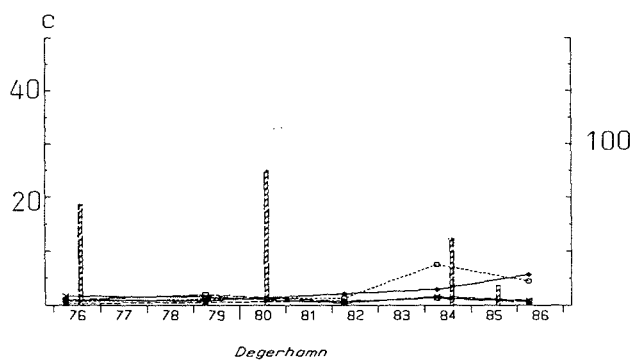
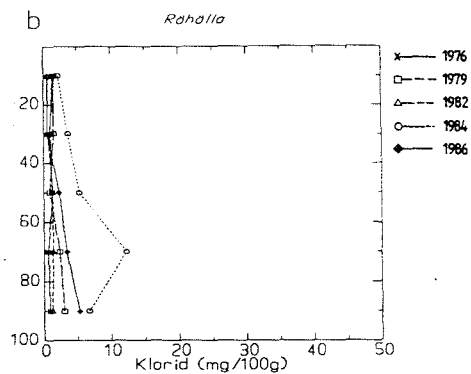
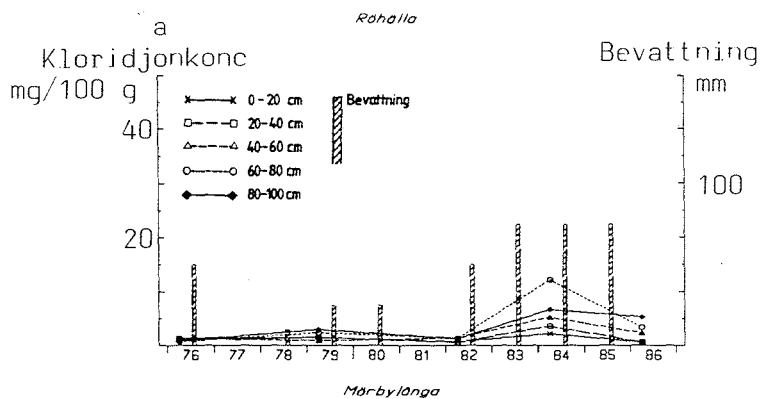


Fig. 6.a, c, e, g, i Kloridjonkoncentrationens förändring med tiden i olika markskikt samt årlig bevattnings

Fig. 6.b, d, f, h, j Kloridjonkoncentrationens förändring med djupet vid olika provtagningstillfällen

## SAMMANFATTANDE DISKUSSION

Bevattnings med 100 mm östersjövatten (7,7 g salt/l) innebär att marken tillförs ca 7700 kg salt per hektar. Huvuddelen utgörs av koksalt, NaCl. Av den tillförda saltmängden per hektar utgör natrium i runda tal 2300 kg och kloridjoner 4300 kg. Vidare ingår ungefär 300 kg magnesium, 100 kg kalcium, 100 kg kalium, nästan 500 kg sulfatjoner och ca 100 kg karbonatjoner samt små mängder av andra ämnen, bl a bor. Med 100 mm östersjövatten tillförs ca 1 kg bor/ha. Av de tillförda ämnena är det främst natrium och klor som kan vara till skada för mark och gröda. Bor behövs i små mängder för vissa grödor, medan överskott kan medföra skada.

De omedelbara effekterna som uppstår samma säsong som grödan bevattnas med salt vatten kan vara påtagliga. Höga saltkoncentrationer i marken minskar vattnets tillgänglighet. Vissa grödor tar skada redan av ganska låga halter av t ex klor eller bor i markvattnet eller om salt vatten kommer på bladverket. Markstrukturen kan skadas genom att ett överskott av natriumjoner förtränger tvåvärdade joner som kalcium och magnesium i kolloidernas utbyteskomplex. Det senare kan t ex ge sig till känna vid bärgning av en sockerbetsgröda under en blöt höst på lite styvare jord som under säsongen bevattnats med östersjövatten.

Avsikten med den undersökning som här redovisas var att belysa mer långsiktiga markkemiska effekter av bevattnings med östersjövatten. Prover för markkemisk analys togs under en tioårsperiod ut vid fem tillfällen på fem platser på Öland vilka bevattnades med vatten från havet. Provtagningarna ägde rum på våren då det förflutit minst en vinter efter bevattnings med östersjövatten. Berggrunden på Öland består av mestadels av kalksten, vilket sätter sin prägel på de undersökta markprofilerna. Jordarten mellan och i profilerna varierar från morängrus och leriga moräner till moränlättiler. I flera fall finns ett mycket stort inslag av grus och sten. Reaktionsstalet ( $\text{pH-H}_2\text{O}$ ) är i de grövre jordarna och i grövre horisonter mellan 6 och 7 medan det i leriga horisonter ofta ligger runt 8. Mycket höga halter av lösligt kalcium och magnesium finns i profilerna från Melstaby och Hultestad och i skiktet 80 - 100 cm under markytan vid Degerhamn. Stort innehåll av kalcium och magnesium i marken motverkar både de omedelbara och de mer långsiktiga negativa effekter som natriumtillförsel kan åstadkomma i marken.

Mycket grovkorniga och kolloidfattiga jordar, såsom i skiktet 0-60 cm vid Röhälla, hela profilen ned till 1 m djup vid Mörbylånga och skiktet 30-100 cm vid Degerhamn, har mycket begränsad förmåga att kvarhålla lösliga salter om nederbörden under en tid är större än avdunstningen så att vatten perkolerar genom profilen. I genomsnitt är det årliga nederbördsöverskottet grovt räknat 100 mm på Öland. De flesta år är det under hösten och vintern goda förutsättningar för utlakning. Risken att lösliga salter ska ackumuleras under flera år är därför liten, åtminstone på genomsläppliga, grovkorniga jordar. Under den aktuella provtagningsperioden var åren 1982 och 1983 särskilt nederbördsfattiga. Från vegetationsperiodens slut 1982 (1 sept) t o m provtagningen i april 1984 uppmättes endast 592 mm nederbörd vid SMHI:s station i Mörbylånga, vilket är 192 mm mindre än normalt (1951-80) eller ca 75 % av normal nederbörd.

Under säsongerna 1982 och 1983 bevattnades provytan vid Röhälla med 150 mm östersjövatten och den vid Degerhamn med 120 mm. Av natrium (2,3 g/l) tillfördes marken då ca 3450 kg/ha resp. ca 2760 kg/ha. Antas jordens volymvikt vara 1500 kg/m<sup>3</sup> kan från analysresultaten framräknas

att mängden natrium ökat i Röhällaprofilen ned till 1 meters djup med ca 850 kg/ha och i profilen vid Degerhamn med ca 2230 kg/ha mellan provtagningarna i april 1982 och april 1984. Under den följande tvåårsperioden bevattnades med ytterligare 180 mm (ca 4140 kg natrium per hektar) vid Röhälla men inte alls vid Degerhamn. Det analyserade natrium-innehållet i profilerna var vid provtagning 1986 783 kg/ha resp. 2043 kg/ha mindre än 1984. Trots bevattningen vid Röhälla har alltså nederbördsöverskottet under 1985 och 1986 medfört en kraftig minskning av natrium i profilen. Sammanlagt har vid Röhälla ca 4900 kg natrium per hektar utlakats ur profilen mellan provtagningarna 1984 och 1986. Förutsättningarna för utlakning var särskilt goda under åren 1984 och 1985. Under perioden april 1984 till april 1986 föll ca 200 mm mer nederbörd än normalt vid SMHI:s station i Mörbylånga.

Natriummättnadsgraden (ESP) antog vid Degerhamn våren 1984 värden över 20 procent. Enligt Ayers & Westcot (1985) finns då stor risk för strukturskador i marken och försämrad tillväxt även på icke natrium-känsliga grödor.

Kloridjonen binds inte alls till markkolloiderna och är alltså helt rörlig i markvätskan. Den markerar alltså än tydligare effekterna av den torra perioden mellan bevattningssäsongen 1982 och provtagningstillfället 1984 än vad förändringen i natriumhalt gör. Vid provtagningen 1984 uppvisade de tre grövre jordarna Röhälla, Mörbylånga och Degerhamn en tydlig topp i kloridkoncentration. Dessförinnan var halterna mycket låga och utan synbara samband med föregående bevattningar. Våren 1986 har kloridhalterna återgått till en relativt låg nivå trots fortsatt bevattning vid Röhälla och Degerhamn. Att kloridjonerna är mer rörliga än natriumjonerna framgår särskilt väl av analysresultaten på prover från Degerhamn 1984. Kloridjonkoncentrationen ökade där med djupet medan koncentrationen av natrium avtog.

Profilerna vid Hultestad och Melstaby består av något styvare jordar. Lerhalten vid Melstaby är 7-10 procent i alven och ca 20 procent i matjorden. Vid Hultestad varierar lerhalten mellan 7 och 15 procent. Trots att fältet vid Melstaby enligt uppgift aldrig bevattnats med saltvatten före 1976 uppvisar den profilen höga halter av såväl natrium som kloridjoner. Provplatsen vid Melstaby bevattnades endast en gång och det under periodens första år, 1976, med 30 mm. De höga halterna av natrium och klorid som uppmättes vid den första provtagningen i skiktet 0-20 cm har succesivt omfördelats till allt djupare skikt i profilen.

Vid Hultestad bevattnades med 75 mm 1976 och 25 mm 1977. Vid provtagningen 1979 hade natriumhalten ökat, främst i markens ytligare horisonter. Under sommaren 1979 bevattnades med ytterligare 30 mm. Vid provtagning våren 1982 hade natrium omfördelats till djupare skikt. Sommaren 1982 bevattnades med 120 mm. Denna bevattning medförde i prover från våren 1984 åter högre natriumkoncentration i markens ytligare skikt.

Undersökningsresultaten kan sammanfattas i följande slutsatser:

- \* Bevattningsmed östersjövatten kan under vissa förutsättningar medföra att även lättlösliga salter ackumuleras i markprofilens övre horisonter. Om höst-, vinter- och vårnederbörden är liten finns förutsättningar även för lättlösliga joner som natrium och klorid att kvarstanna i rotzonen. En stor del av de salter som tillfördes via bevattning med östersjövatten under 1982 och

1983 återfanns vid provtagning våren 1984.

- \* Om nederbörden är riklig under höst, vinter och vår lakas såväl natrium- som kloridjoner lätt ut ifrån markprofiler bestående av grövre jordarter. Resultat från provtagning våren 1986, efter två år som varit våtare än normalt visar detta. I de lerrikare profilerna sker utlakningen långsammare.
- \* Provtagningsserien visar inte att halten utbytbar kalium förändrats till följd av bevattning med östersjövatten.
- \* Beträffande halterna av utbytbar magnesium och utbytbar kalcium är det också svårt att se effekter som direkt kan kopplas till utförda bevattningar. Anrikningen av natrium i de profiler som bevattnades under den relativt torra perioden mellan provtagningsåren 1982 och 1984 har dock medfört att halterna utbytbar kalcium och magnesium minskat ned till 60 cm djup i markprofilerna. Samtidigt ökar halterna i djupare skikt. Natriumjonerna har troligen förträngt kalcium- och magnesiumjonerna från utbyteskomplexet varefter dessa tvättats nedåt i profilen.
- \* Markens reaktionstal har inte förändrats nämnvärt eller entydigt under provtagningsperioden på någon av provytorna.

## LITTERATUR

- Ayers, R. S. & Westcot, D. W. 1985. Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Irrigation and drainage paper no. 29, rev. 1. 174 s.
- Eriksson, B. 1983. Data rörande Sveriges nederbördsklimat. Normalvärden för perioden 1951-80. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, Norrköping. Rapport 1983:28, 92 s.
- Håkansson A. & Kreuger, J. 1986. Vägledning vid bedömning av kemisk vattenkvalitet vid bevattning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Inst. för markvetenskap, Avd. för lantbrukets hydroteknik, Rapport 149, s. 60-78.
- Johansson, W. 1978. Bevattning med östersjövatten. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Konsulentavdelningens rapporter. Allmänt 10, s. 9:1-9:14.
- Karlsson, N. 1968. Undersökning av trädgårdsjord, utvärdering av analysresultaten och åtgärder, metoder för analysens utnyttjande. Statens Lantbrukskemiska Laboratorium, Uppsala. Meddelande 32, 28 s.
- Kreuger, J. 1986. Kemisk vattenkvalitet vid bevattning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Inst. för markvetenskap, Avd. för lantbrukets hydroteknik, Rapport 149, s. 5-59, 75-78.
- Ljung, G. 1987. Mekanisk analys. Beskrivning av en rationell metod för jordartsbestämning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Inst. för markvetenskap, Avd. för lantbrukets hydroteknik, Avdelningsmeddelande 87:2, 9 s + 4 bil.

- Maas, E. V. & Hoffman, G. J. 1977. Crop Salt Tolerance - Current Assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol. 103, No. IRZ, Proc. Paper 12993, s. 115-134.
- Nitsch, U. 1967. Kan man bevattna med östersjövatten? Grundförbättring 20, 3-4, s. 133-148
- Näås, O. 1956-57. Undersökningar rörande möjligheterna att utnyttja Östersjöns vatten för bevattning av betes- och slåtterväxter. Grundförbättring 9, 111-132, 206-226; 10, 46-84, 124-150.
- Smedema, L.K. & Rycroft, D.W. 1983. Land Drainage: Planning and design of agricultural drainage systems. London. 376 s.
- Statistiska Centralbyrån. 1988. Bevattningen inom jordbruket 1985. Redovisning av avrinningsområden. Statistiska Centralbyrån, Stockholm. Statistiska meddelanden, Na 26, SM 8801, 99 s.
- Svensson, H. I. 1990. Beräkning av kalkbehov ur mull och lerhalt samt AL-analys av jord. Lantbrukskemiska stationen, Kristianstad. Stencil, 5 s.

## BILAGA 1

### Kemisk analys av jordprover uttagna vid Röhälla gård år 1976-86

Djup	År	pH-H <sub>2</sub> O	pH-CaCl <sub>2</sub>	Lednings- tal	K-AL mg/100g	Ca-AL mg/100g	Mg-AL mg/100g	Na-AL mg/100g	Klorid mg/100g	ESP
0-20	1976	5.8	5.4	0.6	17.2	114	5.0	3.0	1.4	2.3
	1979	6.4	5.6	1.2	10.0	59.5	6.9	5.5	1.5	4.2
	1982	6.7	6.1	0.4	14.4	180.5	8.2	2.0	0.7	1.5
	1984	6.6	6.2	0.4	14.7	171	5.7	4.7	2.2	3.6
	1986	6.4	5.8	0.4	10.8	62	4.3	0.4	0.6	0.3
20-40	1976	6.2	5.6	0.8	7.8	62	3.2	2.3	1.0	2.5
	1979	6.4	5.6	0.4	7.0	48	2.8	3.8	1.5	4.1
	1982	6.6	6.0	0.4	12.0	88	7.4	2.3	0.6	2.5
	1984	6.7	6.2	0.4	6.6	51	3.1	9.8	3.6	10.6
	1986	6.6	5.8	0.2	7.8	30	2.3	0.6	0.6	0.6
40-60	1976	6.1	5.5	0.6	4.7	38	2.7	3.0	1.3	1.8
	1979	6.6	5.8	0.3	6.0	21	2.2	3.4	0.9	2.1
	1982	6.4	5.8	0.4	16.3	58	9.1	3.0	1.4	1.8
	1984	6.8	6.4	0.4	4.1	34	2.9	6.9	5.3	4.2
	1986	6.5	5.7	0.3	5.0	31	2.9	2.7	2.3	1.6
60-80	1976	6.2	5.2	0.6	10.2	88	13.1	3.2	0.7	1.5
	1979	6.4	5.8	0.4	4.2	72	2.2	4.8	2.4	1.7
	1982	6.0	5.3	0.3	9.6	45	7.6	2.8	1.4	1.5
	1984	5.6	5.2	0.7	9.3	81	15.4	11.9	12.2	3.4
	1986	5.7	4.8	0.4	13.0	93	11.6	8.3	3.4	1.3
80-100	1976	6.2	5.2	0.5	9.4	92	18.0	3.2	0.9	1.6
	1979	6.1	5.6	0.5	5.5	55	4.1	7.5	3.0	3.7
	1982	5.8	5.1	0.3	9.4	50	7.8	3.4	1.3	1.7
	1984	6.5	6.1	0.7	9.3	102	15.3	9.3	6.7	4.6
	1986	5.6	4.9	0.4	3.8	43	4.0	4.5	5.3	2.2



## BILAGA 2

### Kemisk analys av jordprover uttagna vid Mörbylånga gård år 1976-86

Djup	År	pH-H <sub>2</sub> O	pH-CaCl <sub>2</sub>	Lednings- tal	K-AL mg/100g	Ca-AL mg/100g	Mg-AL mg/100g	Na-AL mg/100g	Klorid mg/100g	ESP
0-20	1976	6.6	6.0	2.1	25.0	303	3.2	3.4	1.7	1.8
	1979	6.2	5.6	0.4	12.0	170	13.8	4.5	1.6	2.4
	1982	6.3	5.6	0.5	11.0	164	13.9	8.6	0.5	4.6
	1984	6.2	5.5	0.5	10.0	146	17.9	8.6	1.7	4.6
	1986	6.2	5.6	0.5	11.7	152	15.7	5.2	1.0	2.8
20-40	1976	6.7	6.0	1.2	6.6	136	1.8	2.3	1.0	1.7
	1979	6.4	5.7	0.4	10.0	136	7.5	4.3	2.0	3.1
	1982	6.6	5.7	0.6	4.6	102	11.5	12.4	0.8	9.0
	1984	6.3	5.6	0.5	6.5	116	11.0	7.2	1.4	5.2
	1986	6.4	5.7	0.4	11.8	114	12.6	3.0	0.8	2.2
40-60	1976	6.8	6.1	1.1	4.3	80	0.8	1.6	0.4	1.7
	1979	6.7	5.9	0.3	5.5	86	2.4	6.7	0.6	7.3
	1982	7.0	5.9	0.3	0.2	66	6.0	10.1	0.9	11.0
	1984	6.7	5.9	0.4	2.1	69	4.9	11.6	1.4	12.6
	1986	6.6	5.8	0.2	1.2	70	6.3	4.2	0.7	4.6
60-80	1976	6.8	6.3	1.2	3.1	70	0.8	1.6	0.7	2.0
	1979	6.9	6.0	0.3	3.5	73	1.2	8.1	1.2	10.4
	1982	7.1	6.2	0.3	0.2	57	2.3	7.9	1.4	10.1
	1984	7.0	6.1	0.3	1.7	78	3.8	9.6	7.6	12.3
	1986	6.6	5.9	0.4	1.1	70	4.1	4.5	4.5	5.8
80-100	1976	6.9	6.3	1.4	2.3	96	1.6	1.6	1.0	2.0
	1979	6.9	6.1	0.3	4.5	109	10.3	8.6	0.9	11.0
	1982	7.2	6.2	0.3	0.3	81	2.7	10.0	2.2	12.8
	1984	7.3	6.8	0.5	1.1	172	3.3	9.0	3.0	11.5
	1986	6.7	6.1	0.4	1.0	80	3.2	5.3	5.7	6.8

### BILAGA 3

#### Kemisk analys av jordprover uttagna vid Degerhamns gård år 1976-86

Djup	År	pH-H <sub>2</sub> O	pH-CaCl <sub>2</sub>	Lednings- tal	K-AL mg/100g	Ca-AL mg/100g	Mg-AL mg/100g	Na-AL mg/100g	Klorid mg/100g	ESP
0-20	1976	7.2	6.8	2.0	14.4	321	3.8	3.4	3.4	1.4
	1979	6.8	6.2	0.4	5.2	275	11.0	12.1	0.3	4.9
	1982	6.6	6.0	0.5	4.0	273	18.8	9.1	1.4	3.7
	1984	6.8	6.0	0.9	9.0	148	17.1	44.5	3.0	18.1
	1986	6.8	6.2	0.7	4.6	152	14.4	18.1	1.0	7.4
20-40	1976	7.1	6.7	0.4	2.2	186	1.6	2.0	1.8	2.0
	1979	7.1	6.4	0.4	4.8	192	0.5	11.4	1.2	11.3
	1982	6.8	6.2	0.4	2.8	250	17.9	10.2	1.6	10.1
	1984	7.2	6.2	0.6	2.2	86	7.7	32.0	2.0	31.6
	1986	7.4	6.3	0.4	1.0	51	3.5	10.4	1.1	10.3
40-60	1976	8.1	7.3	0.5	1.6	218	16.5	2.5	1.4	3.1
	1979	7.7	6.8	0.3	1.3	400	0.5	9.8	0.9	12.2
	1982	7.3	6.3	0.4	0.9	198	12.8	11.0	1.4	13.7
	1984	7.2	6.4	0.4	1.0	51	1.9	13.2	7.5	16.4
	1986	7.7	6.7	0.4	0.6	61	1.9	13.8	1.8	17.1
60-80	1976	8.4	7.4	0.5	2.0	715	33.0	2.8	1.4	3.6
	1979	8.0	6.8	0.4	1.3	63	22.8	11.9	0.9	15.2
	1982	7.8	6.8	0.4	0.4	209	10.2	9.3	1.1	11.9
	1984	7.9	7.0	1.1	1.0	1700	10.7	15.4	19.6	19.7
	1986	8.5	7.2	0.6	1.4	4600	21.6	6.6	1.5	8.4
80-100	1976	8.6	7.4	0.5	3.1	549	39.6	2.8	0.7	3.5
	1979	8.6	7.3	0.5	1.3	5900	-	8.8	0.9	10.9
	1982	8.3	7.1	0.5	0.5	3000	21.0	5.2	1.3	6.5
	1984	7.7	7.1	1.0	1.1	3700	24.5	18.8	37.2	23.4
	1986	9.0	7.2	0.7	1.2	5000	23.2	6.9	1.7	8.6

## BILAGA 4

### Kemisk analys av jordprover uttagna vid Melstaby år 1976-86

Djup	År	pH-H <sub>2</sub> O	pH-CaCl <sub>2</sub>	Lednings- tal	K-AL mg/100g	Ca-AL mg/100g	Mg-AL mg/100g	Na-AL mg/100g	Klorid mg/100g	ESP
0-20	1976	7.5	7.2	4.3	35.2	1515	87.5	71.3	41.2	15.7
	1979	7.4	7.0	2.4	31.2	3400	58.0	44.0	19.6	9.4
	1982	7.2	6.9	2.6	42.0	3900	57.0	16.0	16.8	3.4
	1984	7.4	7.0	1.8	29.8	3450	50.0	22.0	7.6	4.7
	1986	7.4	7.0	1.8	33.3	3800	49.0	13.8	5.6	3.0
20-40	1976	7.6	7.4	2.4	23.5	1952	252.5	29.9	30.6	18.8
	1979	7.6	7.0	1.8	16.5	13150	83.5	38.0	12.8	23.9
	1982	7.6	7.0	1.8	21.0	7200	64.0	17.2	7.8	10.8
	1984	7.6	7.0	1.5	15.4	10850	66.0	19.2	4.9	12.1
	1986	7.8	7.2	1.2	13.1	11550	64.5	11.0	2.8	6.9
40-60	1976	8.0	7.6	2.4	27.4	1996	187.1	25.3	26.1	18.3
	1979	7.9	7.1	1.4	11.0	14700	75.0	23.0	10.8	16.7
	1982	7.7	7.1	1.4	9.7	13000	76.0	16.9	7.9	12.2
	1984	7.8	7.2	1.4	10.3	13000	70.0	17.0	5.1	12.3
	1986	7.7	7.0	1.0	8.0	7200	29.0	8.3	2.4	6.0
60-80	1976	8.0	7.6	2.7	23.5	-	142.2	25.3	33.6	14.7
	1979	8.0	7.2	1.4	9.0	14600	68.0	21.0	10.2	12.2
	1982	7.6	7.1	1.9	12.8	12400	74.0	16.5	12.0	9.6
	1984	7.9	7.3	1.5	8.9	13400	65.0	17.0	7.0	9.9
	1986	7.7	7.2	0.8	8.5	7000	30.0	9.7	2.8	5.6
80-100	1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1979	8.1	7.3	1.3	7.0	14600	65.0	16.6	10.2	-
	1982	7.8	7.2	1.7	9.9	11600	70.0	16.0	11.5	-
	1984	7.9	7.4	1.9	11.3	10600	60.0	32.5	11.0	-
	1986	7.8	7.2	1.0	9.8	13800	69.0	10.3	2.2	-

## BILAGA 5

### Kemisk analys av jordprover uttagna vid Hulterstad år 1976-86

Djup	År	pH-H <sub>2</sub> O	pH-CaCl <sub>2</sub>	Lednings- tal	K-AL mg/100g	Ca-AL mg/100g	Mg-AL mg/100g	Na-AL mg/100g	Klorid mg/100g	ESP
0-20	1976	7.6	7.3	1.7	36.8	1323	119.1	10.6	2.8	5.1
	1979	7.8	7.2	1.4	21.5	4150	47.5	30.5	3.4	14.7
	1982	7.6	7.1	1.2	20.8	4300	49.5	19.0	6.8	9.2
	1984	7.5	7.2	1.8	19.6	3100	46.5	20.5	8.9	9.9
	1986	7.6	7.1	1.4	17.6	3190	40.0	21.5	10.6	10.4
20-40	1976	7.9	7.5	1.5	19.6	3475	136.1	10.8	2.1	7.1
	1979	8.0	7.2	1.4	8.7	11950	61.0	27.5	3.6	18.1
	1982	7.8	7.2	1.3	15.0	8250	68.5	16.1	9.8	10.6
	1984	7.7	7.2	1.6	10.9	7950	60.0	30.5	10.0	20.1
	1986	7.5	7.1	1.9	12.9	5600	41.5	20.6	16.7	13.6
40-60	1976	8.1	7.7	1.3	10.6	3541	181.0	12.0	1.0	5.9
	1979	8.1	7.3	1.2	4.5	15800	72.0	17.8	4.5	8.8
	1982	8.1	7.3	1.2	5.7	13000	88.0	15.7	13.8	7.8
	1984	8.0	7.3	1.5	5.2	13400	74.0	28.0	11.3	13.8
	1986	7.8	7.2	1.8	5.7	14600	73.0	16.0	13.8	7.9
60-80	1976	8.1	7.6	1.0	10.2	4473	167.7	12.0	0.7	5.4
	1979	8.2	7.3	1.0	4.5	16000	67.0	12.7	3.3	5.7
	1982	8.1	7.3	1.4	6.5	12800	94.0	16.4	15.5	7.4
	1984	8.0	7.4	1.4	5.5	13700	73.0	19.6	9.2	8.8
	1986	7.7	7.2	1.9	6.2	14200	72.0	14.5	14.0	6.5
80-100	1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1979	8.3	7.4	0.8	2.5	16300	43.0	6.9	4.5	4.5
	1982	8.0	7.4	1.6	7.9	10800	89.0	15.7	15.8	10.2
	1984	8.0	7.4	1.5	5.7	13900	77.0	18.9	13.4	12.3
	1986	7.4	7.2	3.1	7.5	14200	68.0	9.8	9.8	6.4

Förteckning över utgivna häften i publikationsserien fr o m 1989

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.  
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. AVDELNINGSMEDDELANDE.

- 89:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1988 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning.
- 89:2 Persson, L. & Jernlås, R. Apparat för kolonnexperiment under omättade förhållanden. Manuskript.
- 89:3 Berglund, K. Ytsänkning på mosstorvjord. Sammanställning av material från Lidhult, Jönköpings län. 18 s.
- 89:4 Messing, I. Saturated hydraulic conductivity as related to macroporosity in clay soils. 21 s.
- 89:5 Karlsson, I. M. Markbyggnad för bostads- och rekreationsområden. Prioritering av forskningsinsatser. 17 s.
- 89:6 Håkansson, A. Filtermaterial för dränering. Kommentarer till en serie demonstrationsprover av grus- och sågspånsmaterial. 11 s.
- 89:7 Persson, R. & Wredin, A. (red.). Vattningsbehov och näringstillförsel. Föredrag presenterade vid NJF-seminarium nr 151, Landskrona 1-3 aug 1989. 275 s.
- 89:8 Nitare, M. Rotutveckling i majs. Examensarbete i hydroteknik. 39 s.
- 89:9 Sandsborg, J. & Bjerketorp, A. Kompendium i elementär hydromekanik. 8: Hydraulisk likformighet samt dimensionsanalys. 30 s.
- 89:10 Karlsson, I. M. Effekten av jordkonditioneringsmedlet ammonium-lauretsulfat på den hydrauliska konduktiviteten i vattenmättat tillstånd i två svenska lerjordar. 16 s.
- 90:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1989 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning.
- 90:2 Jansson, P.-E. (ed.). The Skogaby Project. Project description. 77 s.
- 90:3 Berglund, K., Lindberg, K. & Peltomaa, R. Alternativa dräneringsmetoder på jordar med låg genomsläpplighet. 1. Ett nordiskt samarbetsprojekt inom Nordkalottområdet. 20 s.
- 91:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1990 års fältförsök avseende detaljavvattning, markvård och markförbättring samt bevattning. Manuskript.
- 91:2 Persson, R. & Wesström, I. Markkemiska effekter av bevattning med Östersjövatten på Öland. 23 s + 5 bil.